NUOVI STUDI
DELLA
STAZIONE CHIMICO - AGRARIA SPERIMENTALE DI UDINE

PUBBLICAZIONE N. 13

RENZO CANDUSSIO

EQUILIBRI DI CONCIMAZIONE PER UNA COLTURA DI GIRASOLE IN TERRENO FERRETTIZZATO

NUOVI STUDI
DELLA
STAZIONE CHIMICO - AGRARIA SPERIMENTALE DI UDINE

PUBBLICAZIONE N. 13

RENZO CANDUSSIO

EQUILIBRI DI CONCIMAZIONE PER UNA COLTURA DI GIRASOLE IN TERRENO FERRETTIZZATO

Estratto dagli Annali della Sperimentazione Agraria
N. S. Vol. XII - N. 1 - Roma, 1958

STAZIONE CHIMICO-AGRARIA SPERIMENTALE
UDINE

RENZO CANDUSSIO

EQUILIBRI DI CONCIMAZIONE PER UNA COLTURA DI GIRASOLE IN TERRENO FERRETTIZZATO

In Friuli il girasole è stato introdotto nella grande coltura abbastanza recentemente; prima del 1941, infatti, questa oleifera veniva coltivata solo sporadicamente e su piccolissime superfici. A seguito di una intensa propaganda la sua coltura ricevette un forte impulso a partire dal 1942. Nel 1944 si ebbe il massimo incremento quando la coltura — durante l'occupazione tedesca —venne resa obbligatoria per sopperire al fabbisogno in olio della regione. Nell'immediato dopoguerra le superfici investite a girasole aumentarono ancora fino al 1949, ma negli anni successivi subirono una graduale diminuzione. Attualmente il girasole è ancora largamente coltivato e si può presumere che esso mantenga ormai il posto d'onore fra le piante oleifere coltivate nella regione.

La coltura si adatta bene al clima e ai terreni del Friuli e si inquadra ottimamente nella rotazione agraria comunemente in uso, in sostituzione del « classico » granoturco col quale notevoli affinità per quanto concerne le diverse pratiche colturali.

La vecchia cultivar locale, molto ramificata, a seme grigio e scarsamente produttiva, è ora interamente sostituita da altre cultivar a calatide unica notevolmente più redditizie, quali la « Gigante ungherese » a seme nero piccolo e la « Krasnodoskai » a seme striato grigio di grandezza media.

La presente nota si riferisce a una prova fattoriale di concimazione, eseguita in pieno campo nella media pianura friulana *, avente lo scopo di valutare gli equilibri di concimazione per una coltura di girasole su terreno ferrettizzato.

* La prova venne eseguita presso l'azienda agraria della Scuola tecnica agraria a Pozzuolo del Friuli, nel 1952.

La nota è stata redatta secondo il seguente piano:

Il terreno e i precedenti agronomici.

Impostazione ed esecuzione della prova.

Le produzioni ottenute: analisi e discussione dei risultati. Valutazione del tornaconto economico.

Effetto delle concimazioni sulla produzione di sostanza secca, sulla produzione di olio e su alcune caratteristiche degli acheni.

Effetto delle concimazioni sulla composizione minerale delle piante e degli acheni. Asportazioni.

Il terreno e i precedenti agronomici

Le analisi sono state eseguite su un campione medio (miscuglio di dieci prelevamenti) per una profondità di 25-30 cm.

Per l'estrazione degli elementi assimilabili venne usato il metodo Morgan (reattivo aceto-acetico tamponato a pH 4,8, mezz'ora di contatto in agitazione). L'anidride fosforica venne determinata colorimetricamente per ceruleo-molibdimetria con riducente stannoso; l'ossido di potassio venne determinato per via sedimetrica con cobaltinitrito sodico.

Le principali caratteristiche fisiche e chimiche del terreno sono riportate nel prospetto I:

Prospetto I. **- Principali caratteristiche fisiche e chimiche del terreno**

Analisi fisico-meccanica:		
su 100 parti di terra secca all'aria:		
scheletro		12,73
terra fina (1 mm)		87,27
su 100 parti di terra fina secca all'aria:		
particelle del diametro da 1 mm a 0,02 mm		63,85
» » » » 0,02 » » 0,002 »		27,08
» » » inferiore » 0,002 »		9,07
Reazione neutra (pH 7,5)		
Analisi chimica:		
su 100 parti di terra fina secca all'aria:		
azoto totale	g	0,160
sostanza organica (N × 20)	»	3,200
calcare	praticamente assente	
K_2O sol. in HCl conc. boll.	g	0,172
P_2O_5 » » HNO_3 » »	»	0,191
K_2O assimilabile (Morgan) (pari a kg/ha 84)	mg	2,800
P_2O_5 assimilabile (Morgan) (pari a kg/ha 240)	»	8,000

Trattasi di terreno ferrettizzato, piuttosto povero di potassa « assimilabile » con una buona dotazione di anidride fosforica « assimilabile », non molto fornito di azoto totale. Il sottosuolo è della stessa natura del suolo e di profondità rilevante (oltre 1 m). La relativa ricchezza in anidride fosforica assimilabile, eccezionale per un terreno ferrettizzato, è da attribuire con ogni probabilità ad accumulo di residui di concimazioni precedenti.

La rotazione seguita è quella normale della zona: mais, grano, mais o altra sarchiata, grano, medica, medica, medica.

La coltura di girasole ha seguìto un erbaio estivo-autunnale di sorgo preceduto da frumento.

Impostazione ed esecuzione della prova

I trattamenti provati risultarono dalla combinazione di tre dosi per ciascuno dei tre elementi N P e K:

N_0 senza aggiunta di concimi azotati
N_1 con aggiunta di 100 kg/ha di solfato ammonico 20 % (= N kg/ha 20)
N_2 con aggiunta di 200 kg/ha di solfato ammonico 20 % (= N k/ha 40)

P_0 senza aggiunta di concimi fosfatici
P_1 con aggiunta di 300 kg/ha di perfosfato 20 % (= P_2O_5 kg/ha 60)
P_2 con aggiunta di 600 kg/ha di perfosfato 20 % (= P_2O_5 kg/ha 120)

K_0 senza aggiunta di concimi potassici
K_1 con aggiunta di 140 kg/ha di solfato potassico 50 % (= K_2O kg/ha 70)
K_2 con aggiunta di 280 kg/ha di solfato potassico 50 % (= K_2O kg/ha 140)

Fuori prova venne introdotta un'altra variante costituita dal raddoppio delle dosi massime in prova (costituita cioè da: N_3 = kg/ha 80 di N; P_3 = kg/ha 240 di P_2O_5; K_3 = kg/ha 280 di K_2O) in tre ripetizioni disposte a caso nei tre blocchi della prova.

Le combinazioni possibili sono 27, corrispondenti ai 27 trattamenti eseguiti.

Le parcelle vennero distribuite secondo il metodo statistico del « confounding » di Fisher con tre ripetizioni (81 parcelle). Con tale disposizione si acquista una maggiore precisione nella valutazione degli effetti principali dei tre elementi N P e K, e delle interazioni di 1° ordine dei tre elementi presi a due a due (N × P, N × K, P × K); si perde però la valutazione della interazione di 2° ordine (N × P × K) giacchè essa viene parzialmente confusa coi risultati dei sottoblocchi.

Prospetto II. - **Notizie meteorologiche attinte alla Stazione meteorologica di Pozzuolo del Friuli (Scuola tecnica agraria)**

	Temperatura in C°				Piovosità in mm			
	1ª decade	2ª decade	3ª decade	mese	1ª decade	2ª decade	3ª decade	mese
maggio	18,2	17,7	15,6	17,0	30,4	17,3	11,7	59,4
giugno	20,1	22,3	20,9	21,1	35,6	117,5	34,0	187,1
luglio	27,0	24,9	23,6	25,1	2,2	33,1	42,5	77,8
agosto	24,8	24,1	20,8	23,1	0,0	102,3	37,3	139,6
settembre	20,4	16,2	13,5	16,5	69,8	69,9	46,1	185,8

La superfice parcellare iniziale di m^2 49 venne ridotta per la raccolta a m^2 30 dopo la eliminazione delle piante delle due file esterne di ogni parcella e di due piante all'inizio e alla fine di ogni parcella.

La semina (8 maggio) venne eseguita a postarella a m 0,40 sulla fila con file distanti m 0,60 (investimento di quattro piante per m^2, con un totale di 120 piante per parcella).

Le piante mancanti sono state in numero molto piccolo e comunque tale da non infirmare i singoli risultati.

Venne usato seme di girasole « friulano » (riferibile alla cv. « Gigante ungherese ») selezionato dal Consorzio Agrario di Udine.

I concimi vennero distribuiti a spaglio e interrati con ripetute erpicature in croce. Durante la coltura vennero eseguite tre zappature e tre adacquamenti. La raccolta è stata effettuata il 20 settembre a 135 giorni dalla semina.

L'andamento climatico stagionale è illustrato dai dati del prospetto II.

Le produzioni ottenute: analisi e discussione dei risultati

I risultati. — Le produzioni medie, espresse in q/ha di seme secco a 100°, sono riportate nel prospetto III. Nei prospetti IV, V e VI sono indicate le rese derivanti dalla combinazione a due a due dei tre fattori N, P e K. Le rese delle combinazioni di due trattamenti (per esempio $N_0 + P_0$, ecc.) risultano dalle rese medie di nove parcelle. Le produzioni globali N_0, N_1, ecc. derivano dalle rese medie di 27 parcelle (per esempio $N_0P_0 + N_0P_1 + N_0P_2$, ciascuno di nove parcelle).

PROSPETTO III. - **Rese medie (q/ha) di seme secco a 100° e indici di resa**

		P_0			P_1			P_2		
		K_0	K_1	K_2	K_0	K_1	K_2	K_0	K_1	K_2
tesi		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
somma	N_0	44,7	45,7	46,6	43,4	50,4	48,6	41,4	47,8	62,1
media	N_0	14,9	15,2	15,5	14,5	16,8	16,2	13,8	15,9	20,7
indice	N_0	100	102	104	97	113	109	93	107	139
tesi		**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
somma	N_1	46,8	46,9	62,4	39,2	50,3	66,9	41,2	49,0	64,2
media	N_1	15,6	15,6	20,8	13,1	16,8	22,3	13,7	16,3	21,4
indice	N_1	105	105	139	88	112	150	92	110	144
tesi		**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**
somma	N_2	41,5	46,8	61,0	41,2	53,4	64,3	37,0	57,4	64,1
media	N_2	13,8	15,6	20,3	13,7	17,8	21,4	12,3	19,1	21,3
indice	N_2	93	105	136	92	119	144	83	128	143

Le differenze significative fra due medie di qualsiasi trattamento riportate nel prospetto III sono: a P 0,01 q/ha 3,14; a P 0,05 q/ha 2,33.

Analisi dei risultati. — L'analisi statistica è stata eseguita sulle produzioni parcellari di seme secco a 100° riportate a q/ha e si riferisce agli effetti principali e alle interazioni di 1° ordine, essendo l'interazione di 2° ordine parzialmente confusa coi risultati totali dei sottoblocchi.

A) Effetti principali

a) Effetto principale dell'azoto (vedi fig. 1): significativo al limite P 0,01 (rapporto varianza calcolato = 8,20; rapporto varianza limite P 0,01 = 5,08). La differenza significativa fra due medie di qualsiasi dose N è: q/ha 1,02 a P 0,01 e q/ha 0,76 a P 0,05.

Perciò: le dosi N_1 e N_2 sono superiori alla dose N_0 a P 0,01, la dose N_1 è equivalente alla dose N_2. Però la differenza:

$$\Delta = \frac{(N_1 - N_0)}{\text{effetto della 1ª dose}} - \frac{(N_2 - N_1)}{\text{effetto della 2ª dose}} = + 1{,}5$$

è significativa a P 0,05.

Il grado di significatività di questa differenza è provato mediante il criterio « t ». I valori limiti di « t » sono: 2,01 a P 0,05; 2,69 a P 0,01; 3,52 a P 0,001. La varianza comune dei risultati N è $\frac{1,96}{27}$.

La varianza di $\triangle$ è di $\sigma^2 \triangle = \frac{1,96}{27} \times 6$ da cui $t = \frac{\triangle}{\sigma \triangle} = 2,27$.

La differenza è quindi significativa al limite P 0,05.

b) Effetto principale del fosforo (vedi fig. 2): nullo (rapporto varianza calcolato = 2,36; rapporto varianza limite P 0,05 = 3,19).

c) Effetto principale del potassio (vedi fig. 3): altamente significativo oltre il limite P 0,01 (rapporto varianza calcolato = 127,45; rapporto varianza limite P 0,01 = 5,08). La differenza significativa fra due medie qualsiasi delle dosi K è: q/ha 1,02 a P 0,01; q/ha 0,76 a P 0,05. La dose $K_1 > K_0$ a P 0,01, la dose $K_2 > K_1$ a P 0,01, la dose $K_2 > K_0$ a P 0,01. La differenza:

$$\triangle = \frac{(K_1 - K_0)}{\text{effetto della } 1^a \text{ dose}} - \frac{\text{effetto della } 2^a \text{ dose}}{(K_2 - K_1)} = -0,78$$

non è significativa (t = 1,18).

B) Interazioni

a) Interazione N × P (vedi figg. 4 e 5 e prospetto IV). Questa interazione non è significativa (rapporto varianza calcolato = 1,16; rapporto varianza limite P 0,05 = 2,56).

b) Interazione P × K (vedi figg. 6 e 7 e prospetto V). Significativa al limite P 0,01. Le più piccole differenze significative fra due medie qualsiasi del prospetto V sono:

a P 0,05	a P 0,01
q/ha 1,32	q/ha 1,77

Dalla fig. 6 si può rilevare:

1. — Senza potassa (curva K_0): $P_0 > P_1$ (non significativo); $P_0 > P_2$ (significativo a P 0,05); $P_1 > P_2$ (non significativo). P_0 è probabilmente la dose migliore.

2. — Con potassa (curva K_1): $P_0 < P_1$ e P_2 (significativi a P 0,05); $P_1 = P_2$; P_1 e P_2 sono probabilmente le dosi migliori.

3. — Con potassa (curva K_2): $P_0 < P_1$ (non significativo); $P_0 < P_2$ (significativo a P 0,01); $P_2 > P_1$ (non significativo). P_2 è la dose migliore.

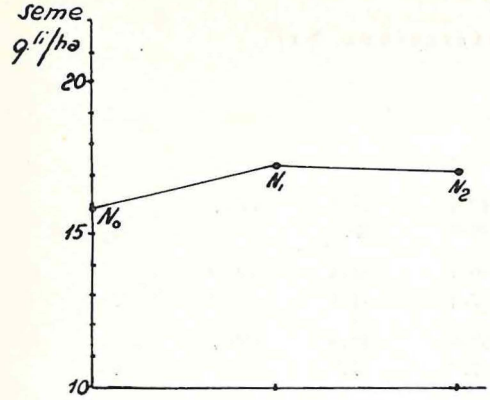

FIG. 1. – Effetto principale dell'azoto.

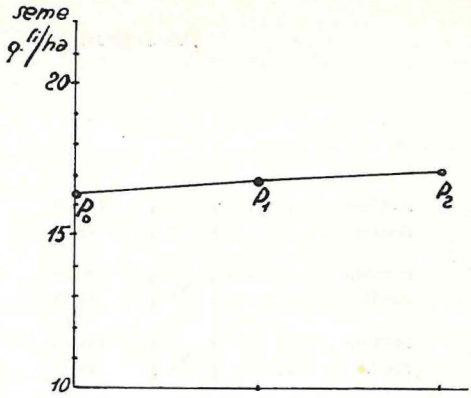

FIG. 2. – Effetto principale del fosforo.

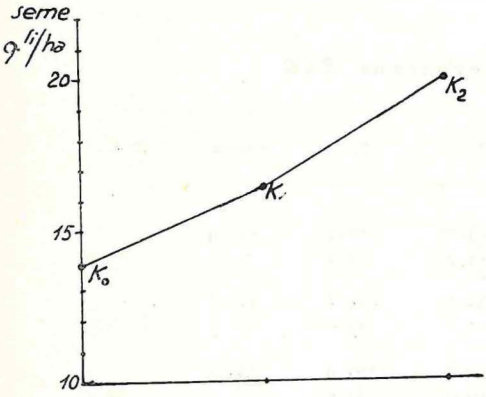

FIG. 3. – Effetto principale del potassio.

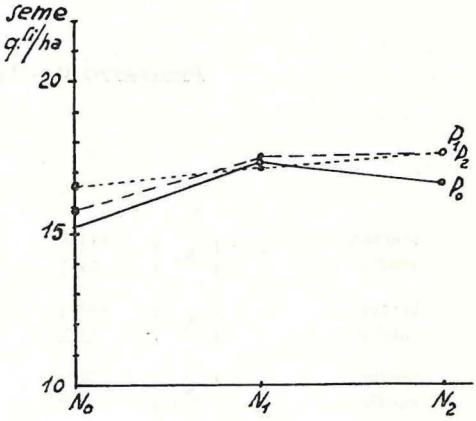

FIG. 4. – Interazione N × P.

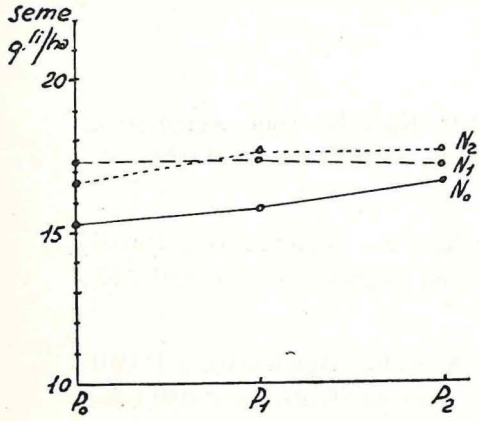

FIG. 5. – Interazione P × N.

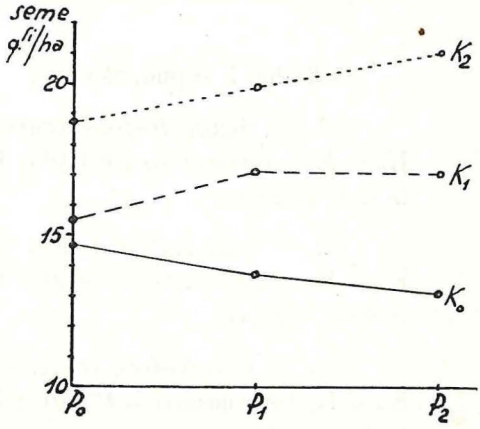

FIG. 6. – Interazione P × K.

PROSPETTO IV. - **Interazione NxP**

		P_0	P_1	P_2	Somma	Media
somma	N_0	137,0	142,4	151,3	430,7	—
media		15,2	15,8	16,6	—	15,9
somma	N_1	156,1	156,4	154,4	466,9	—
media		17,3	17,4	17,1	—	17,3
somma	N_2	149,3	158,9	158,5	466,7	—
media		16,6	17,6	17,6	—	17,2
somma		442,4	457,7	464,2	1364,3	—
media		16,4	16,9	17,2	—	—

PROSPETTO V. - **Interazione PxK**

		P_0	P_1	P_2	Somma	Media
somma	N_0	133,0	123,8	119,6	376,4	—
media		14,7	13,7	13,2	—	13,9
somma	N_1	139,4	154,1	154,2	447,7	—
media		15,5	17,1	17,1	—	16,5
somma	N_2	170,0	179,8	190,4	540,2	—
media		18,8	19,9	21,1	—	20,0
somma		442,4	457,7	464,2	1364,3	—
media		16,4	16,9	17,2	—	—

Dalla fig. 7 si può rilevare:

1. — Senza fosforo (curva P_0): $K_0 < K_1$ (non significativo); $K_0 < K_2$ (significativo a P 0,01); $K_2 > K_1$ (significativo a P 0,01). K_2 è la dose migliore.

2. — Con fosforo (curva P_1): $K_0 < K_1$ (significativo a P 0,01); $K_0 < K_2$ (significativo a P 0,01); $K_2 > K_1$ (significativo a P 0,01). K_2 è la dose migliore.

3. — Con fosforo (curva P_2): $K_0 < K_1$ (significativo a P 0,01); $K_0 < K_2$ (significativo a P 0,01); $K_2 > K_1$ (significativo a P 0,01). K_2 è la dose migliore.

Si prendono ora in esame le interazioni: $P_1 \times K_1$; $P_2 \times K_1$; $P_1 \times K_2$; $P_2 \times K_2$.

1. — Interazione $P_1 \times K_1$.

$$\Delta = \underset{\text{effetto di } P_1K_1}{(P_1K_1 - P_0K_0)} - \underset{\text{effetto di } P_1}{(P_1K_0 - P_0K_0)} - \underset{\text{effetto di } K_1}{(P_0K_1 - P_0K_0)}$$

$$\Delta = P_0K_0 + P_1K_1 - P_0K_1 - P_1K_0 = + 2{,}6$$

La varianza comune ai risultati P_0K_0 . . . . . è $\sigma^2 = \dfrac{1{,}96}{9}$

La varianza di Δ è $\sigma^2\Delta = 4\,\sigma^2$

$$t = \frac{\Delta}{\sigma\,\Delta} = 2{,}98$$

L'effetto di P_1K_1 è significativamente (a P 0,01) maggiore dell'effetto di P_1 e dell'effetto di K_1. L'effetto di P_1 è aumentato per l'aggiunta di K_1 e viceversa.

2. — Interazione $P_2 \times K_1$.

$$\Delta = \underset{\text{effetto di } P_2K_1}{(P_2K_1 - P_0K_0)} - \underset{\text{effetto di } P_2}{(P_2K_0 - P_0K_0)} - \underset{\text{effetto di } K_1}{(P_0K_1 - P_0K_0)} = + 3{,}1$$

significativa a P 0,01 (t = 3,56).

L'effetto di P_2 è aumentato per l'aggiunta di K_1 e viceversa.

3. — Interazione $P_1 \times K_2$.

$$\Delta = \underset{\text{effetto di } P_1K_2}{(P_1K_2 - P_0K_0)} - \underset{\text{effetto di } P_1}{(P_1K_0 - P_0K_0)} - \underset{\text{effetto di } K_2}{(P_0K_2 - P_0K_0)} = + 2{,}1$$

significativa a P 0,05 (t = 2,41).

L'effetto di P_1 è probabilmente aumentato per l'agggiunta di K_2 e viceversa.

4. — Interazione $P_2 \times K_2$.

$$\Delta = (P_2K_2 - P_0K_0) - (P_2K_0 - P_0K_0) - (P_0K_2 - P_0K_0) = + 3{,}7$$

significativa a P 0,001 (t = 4,24).

L'effetto di P_2 è aumentato per l'aggiunta di K_2 e viceversa.

Resta da ricercare se l'effetto delle seconde dosi di K o di P è diverso nelle parcelle che hanno ricevuto dosi diverse di P oppure di K.

1. — Effetto della seconda dose di P (che è globalmente $P_2 + P_0 - 2P_1$) su K_1 e K_0. Si tratta perciò di valutare l'interazione fra K e l'effetto supplementare ottenuto con la seconda dose di P.

$$\Delta = 2P_1K_1 - P_0K_1 - P_2K_1 - 2P_1K_0 + P_0K_0 + P_2K_0 = +2{,}1$$

La varianza dei risultati P_1K_1 . . . . . è $\frac{1{,}96}{9}$. La varianza di $\Delta = \sigma^2\Delta = 12 \times \frac{1{,}96}{9}$; da cui $t = \frac{\Delta}{\sigma\Delta} = 1{,}29$.

Perciò Δ non risulta significativa. Non esiste differenza di azione della seconda dose P sulle parcelle con K_1 e con K_0.

2. — Effetto della seconda dose di P su K_2 e K_0.

$$\Delta = 2P_1K_2 - P_0K_2 - P_2K_2 - 2P_1K_0 + P_0K_0 + P_2K_0 = +0{,}4$$

non significativa (t = 0,24). Nessuna differenza.

3. — Effetto della seconda dose di P su K_1 e K_2.

$$\Delta = 2P_1K_2 - P_0K_2 - P_2K_2 - 2P_1K_1 + P_0K_1 + P_2K_1 = -1{,}7$$

non significativa (t = 1,05). Nessuna differenza.

4. — Effetto della seconda dose di K su P_0 e P_1.

$$\Delta = 2P_1K_1 - P_1K_0 - P_1K_2 - 2P_0K_1 + P_0K_0 + P_0K_2 = +3{,}2$$

non significativa (t = 1,98). Nessuna diffrenza.

5. — Effetto della seconda dose di K su P_0 e P_2.

$$\Delta = 2P_2K_1 - P_2K_0 - P_2K_2 - 2P_0K_1 + P_0K_0 + P_0K_2 = +2{,}5$$

non significativa (t = 1,54). Nessuna differenza.

6. — Effetto della seconda dose di K su P_1 e P_2.

$$\Delta = 2P_2K_1 - P_2K_0 - P_2K_2 - 2P_1K_1 + P_1K_0 + P_1K_2 = -0{,}7$$

non significativa (t = 0,43). Nessuna differenza.

c) Interazione N × K (vedi figg. 8 e 9 e prospetto VI). Significativa al limite P 0,01 (rapporto varianza calcolato = 9,30; rapporto varianza limite P 0,01 = 3,74. Le differenze significative fra due medie di qualsiasi dose N (vedi prospetto VI) sono: q/ha 0,78 a P 0,05 e q/ha 1,02 a P 0,01.

Dalla fig. 8 si ha:

1. — Senza potassa (curva K_0): $N_0 > N_1$ e N_2 (non significativi); $N_1 > N_2$ (non significativi). Le tre dosi si equivalgono.

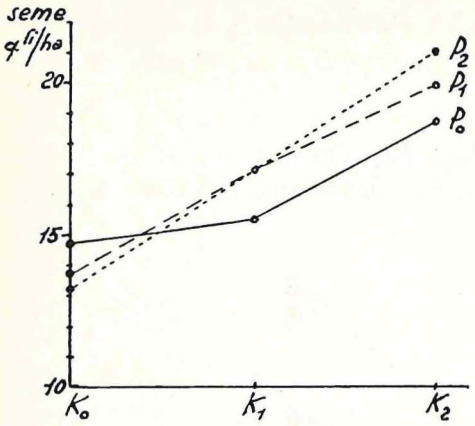

FIG. 7. – Interazione K × P.

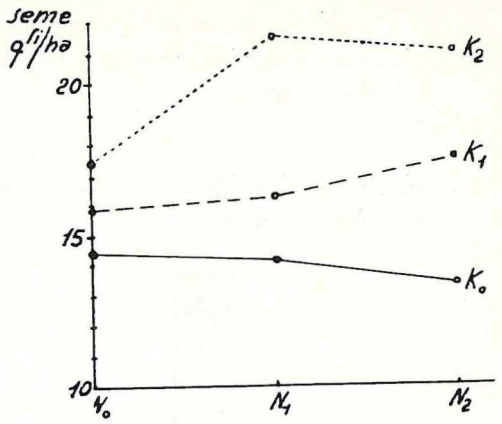

FIG. 8. – Interazione N × K.

2. — Con potassa (curva K_1): $N_0 > N_1$ (non significativo); $N_0 > N_2$ (significativo a P 0,05); $N_2 < N_1$ (significativo a P 0,05). La dose N_2 è probabilmente la migliore.

3. — Con potassa (curva K_2): $N_0 > N_1$ (significativo a P 0,01); $N_0 > N_2$ (significativo a P 0,01); $N_2 < N_1$ (non significativo). La dose N_2 è la migliore.

Dalla fig. 9 si rileva:

1. — Senza azoto (curva N_0): $K_0 > K_1$ (significativo a P 0,05); $K_0 > K_2$ (significativo a P 0,01); $K_2 < K_1$ (significativo a P 0,05). La dose K_2 è la migliore.

PROSPETTO VI. **- Interazione NxK**

		N_0	N_1	N_2	Somma	Media
somma	K_0	129,5	127,2	119,7	376,4	—
media		14,4	14,1	13,3	—	13,9
somma	K_2	143,9	146,2	157,6	447,7	—
media		15,9	16,2	17,5	—	16,5
somma	K_1	157,3	193,5	189,4	540,2	—
media		17,5	21,5	21,0	—	20,0
somma		430,7	466,9	466,7	1364,3	—
media		15,9	17,3	17,2	—	—

2. — Con azoto (curva N_1): $K_0 > K_1$ (significativo a P 0,01); $K_0 > K_2$ (significativo a P 0,01); $K_2 < K_1$ (significativo a P 0,01). K_2 è la dose migliore.

3. — Con azoto (curva N_2): $K_0 > K_1$ (significativo a P 0,01); $K_0 > K_2$ (significativo a P 0,01); $K_2 < K_1$ (significativo a P 0,01). K_2 è la dose migliore.

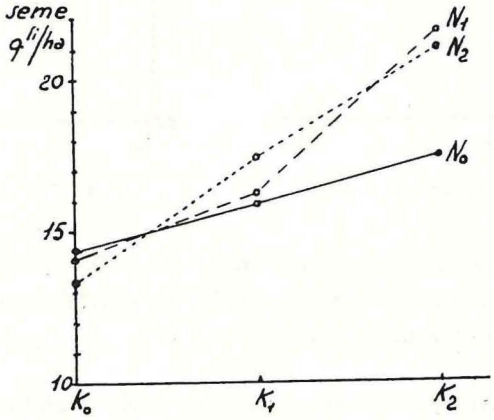

FIG. 9. – Interazione K × N.

Sono ancora da considerare le interazioni: $N_1 \times K_1$; $N_2 \times K_1$; $N_1 \times K_2$; $N_2 \times K_2$.

1. — Interazione $N_1 \times K_1$.

$$\Delta = \underbrace{(N_1K_1 - N_0K_0)}_{\text{effetto di } N_1K_1} - \underbrace{(N_1K_0 - N_0K_0)}_{\text{effetto di } N_1} - \underbrace{(N_0K_1 - N_0K_0)}_{\text{effetto di } K_1}$$

$$\Delta = N_0K_0 + N_1K_1 - N_0K_1 - N_1K_0 = + 0{,}5$$

non significativa (t = 0,57).

L'effetto di N_1K_1 è maggiore, ma non significativamente, di quello di N_1 e di K_1. Non si può affermare che l'effetto di N_1 sia aumentato per l'aggiunta di K_1 o viceversa.

2. — Interazione $N_2 \times K_1$.

$$\Delta = (N_2K_1 - N_0K_0) - (N_2K_0 - N_0K_0) - (N_0K_1 - N_0K_0) = + 2{,}6$$

significativ a P 0,01 (t = 2,98).

L'effetto di N_2K_1 è significativamente maggiore (a P 0,01) di quello di N_2 e di K_1. L'effetto di N_2 è aumentato per l'aggiunta di K_1 e viceversa.

3. — Interazione $N_1 \times K_2$.

$$\Delta = (N_1K_2 - N_0K_0) - (N_1K_0 - N_0K_0) - (N_0K_2 - N_0K_0) = + 4{,}2$$

significativa a P 0,001 (t = 4,82).

L'effetto di N_1K_2 è significativamente maggiore (a P 0,001) di quello di N_1 e di K_2. L'effetto di N_1 è aumentato per l'aggiunta di K_2 e viceversa.

4. — Interazione di $N_2 \times K_2$.

$$\Delta = (N_2K_2 - N_0K_0) - (N_2K_0 - N_0K_0) - (N_0K_2 - N_0K_0) = + 4{,}6$$

significativa a P 0,001 (t = 5,28).

L'effetto di N_2K_2 è significativamente maggiore (a P 0,001) di quello di N_2 e di K_2. L'effetto di N_2 è aumentato per l'aggiunta di K_2 e viceversa.

Circa l'effetto delle secondi dosi di N e di K rispettivamente sulle parcelle K_0 K_1 K_2 e sulle parcelle N_0 N_1 N_2, si rileva:

1. — Effetto della seconda dose di N (che è globalmente $N_2 + N_0 - 2\,N_1$) sulle parcelle K_1 e K_0.

$$\Delta = 2\,N_1K_1 - N_0K_1 - N_2K_1 - 2\,N_1K_0 + N_0K_0 + N_2K_0 = - 1{,}6$$

non significativa (t = 0,99). Nessuna differenza.

2. — Effetto della seconda dose di N sulle parcelle K_2 e K_0.

$$\Delta = 2\,N_1K_2 - N_0K_2 - N_2K_2 - 2\,N_1K_0 + N_0K_0 + N_2K_0 = + 3{,}9$$

significativa a P 0,05 (t = 2,41). L'effetto è stato probabilbente maggiore sulle parcelle con K_2.

3. — Effetto della seconda dose di N sulle parcelle K_1 e K_2.

$$\Delta = 2\,N_1K_2 - N_0K_2 - N_2K_2 - 2\,N_1K_1 + N_0K_1 + N_2K_1 = + 5{,}6$$

significativa a P 0,01 (t = 3,46). L'effetto è stato maggiore sulle parcelle con K_2.

4. — Effetto della seconda dose di K su N_0 e N_1.

$$\Delta = 2\,N_1K_1 - N_1K_0 - N_1K_2 - 2\,N_0K_1 + N_0K_0 + N_0K_2 = - 3{,}2$$

non significativa (t = 1,98). Nessuna differenza.

5. — Effetto della seconda dose di K su N_0 e N_2.

$$\Delta = 2\,N_2K_1 - N_2K_0 - N_2K_2 - 2\,N_0K_1 + N_0K_0 + N_0K_2 = + 0{,}5$$

non significativa (t = 0,31). Nessuna differenza.

6. — Effetto della seconda dose di K su N_1 e N_2.

$$\Delta = 2\,N_2K_1 - N_1K_0 - N_1K_2 - 2\,N_1K_1 + N_2K_0 + N_2K_2 = +\,3{,}8$$

significativa a P 0,05 (t = 2,35). L'effetto è stato probabilmente maggiore sulle parcelle con N_2.

C) Confronto fra testimonio e i singoli trattamenti complessi. Le rese in seme (secco a 100°) dei singoli trattamenti complessi (equilibri), espresse in q/ha, sono riportate in coordinate triangolari nella fig. 10. Il diagramma è stato eseguito secondo le modalità qui di seguito esposte.

Ogni elemento fertilizzante (N; P_2O_5; K_2O) è espresso in percento del totale degli elementi fertilizzanti di ogni dose, ossia ponendo uguale a 100 la somma N + P_2O_5 + K_2O di ogni dose provata (vedi prospetto VII). Nel diagramma si entra con la percentuale di ogni elemento. In tal

Prospetto VII. - **Equilibri sperimentati**

Tesi	Combinazioni (formule)	Quantità totale di elementi fertilizzanti ($N + P_2O_5 + K_2O$) kg/ha	Equilibrio in % della somma $N + P_2O_5 + K_2O$		
			N %	P_2O_5 %	K_2O %
1	$N_0\ P_0\ K_0$	0	0	0	0
2	$N_0\ P_0\ K_1$	70	0	0	100
3	$N_0\ P_0\ K_2$	140	0	0	100
4	$N_0\ P_1\ K_0$	60	0	100	0
5	$N_0\ P_1\ K_1$	130	0	46	54
6	$N_0\ P_1\ K_2$	200	0	30	70
7	$N_0\ P_2\ K_0$	120	0	100	0
8	$N_0\ P_2\ K_1$	190	0	63	37
9	$N_0\ P_2\ K_2$	260	0	46	54
10	$N_1\ P_0\ K_0$	20	100	0	0
11	$N_1\ P_0\ K_1$	90	22	0	78
12	$N_1\ P_0\ K_2$	160	12	0	88
13	$N_1\ P_1\ K_0$	80	25	75	0
14	$N_1\ P_1\ K_1$	150	13	40	47
15	$N_1\ P_1\ K_2$	220	9	27	64
16	$N_1\ P_2\ K_0$	140	15	85	0
17	$N_1\ P_2\ K_1$	210	10	57	33
18	$N_1\ P_2\ K_2$	280	7	43	50
19	$N_2\ P_0\ K_0$	40	100	0	0
20	$N_2\ P_0\ K_1$	110	37	0	63
21	$N_2\ P_0\ K_2$	180	22	0	78
22	$N_2\ P_1\ K_0$	100	40	60	0
23	$N_2\ P_1\ K_1$	170	23	35	42
24	$N_2\ P_1\ K_2$	240	17	25	58
25	$N_2\ P_2\ K_0$	160	25	75	0
26	$N_2\ P_2\ K_1$	230	18	52	30
27	$N_2\ P_2\ K_2$	300	13	40	47

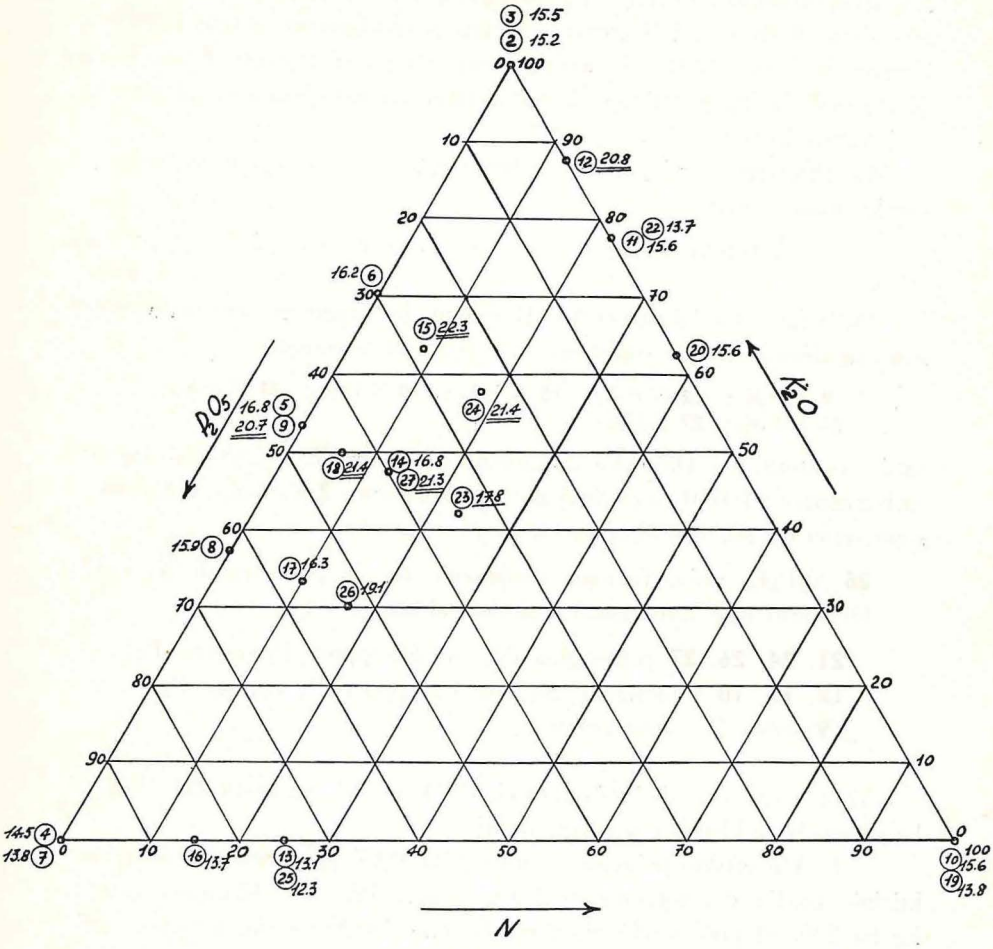

FIG. 10. – Rese delle dosi sperimentate in coordinate triangolari (vedi prospetti V e VII).

Il numero di fianco al circolo indica la resa (seme q/ha) relativa al trattamento corrispondente al numero situato nell'interno del circolo.

Le rese superiori al controllo a P 0,05 sono sottolineate con una linea semplice, quelle superiori a P 0,01 con una linea doppia.

Differenze significative: a P 0,05 q/ha 2.33; a P 0,01 q/ha 3.14.

Altre spiegazioni nel testo.

modo si ottiene per ogni dose provata un solo punto rappresentativo delle tre variabili N, P_2O_5 e K_2O. Per esempio: il punto 14, corrispondente alla combinazione $N_1P_1K_1$ (vedi prospetto VII), è determinato dalla intersezione di tre rette: la prima, tracciata parallelamente al lato P_2O_5, dà il valore in azoto (13 %); la seconda, tracciata parallelamente al lato K_2O, dà il valore in P_2O_5 (40 %); la terza, tracciata parallelamente al lato N, dà il valore in K_2O (47 %).

Le differenze significative fra due rese medie di qualsiasi trattamento sperimentato sono:

P 0,50 q/ha 2,33 P 0,01 q/ha 3,14

Dalla fig. 10 e dal prospetto III risulta che i seguenti otto trattamenti sono significativamente superiori (a P 0,01) al testimonio:

9 $N_0P_2K_2$; **12** $N_1P_0K_2$; **15** $N_1P_1K_2$; **18** $N_1P_2K_2$; **21** $N_2P_0K_2$; **24** $N_2P_1K_2$; **27** $N_2P_2K_2$

tutti contenenti K_2. Dei nove trattamenti contenenti K_2, sette sono significativamente (a P 0,01) superiori al controllo, e due (**3** $N_0P_0K_2$; **6** $N_0P_1K_2$) sono superiori ma non significativamente.

26 $N_2P_2K_1$ unica formula contenente K_1, in presenza di N_2 e P_2.

Di questi otto trattamenti superiori al controllo:

21, **24**, **26**, **27** contengono N_2 con P_0 oppure P_1 oppure P_2;
12, **15**, **18** contengono N_1 con P_0 oppure P_1 oppure P_2;
9 senza N e contenente P_2.

Discussione dei risultati. — L'analisi statistica dei risultati ha messo in evidenza i seguenti punti:

1) Un effetto principale nullo della P_2O_5 aggiunta. La dotazione iniziale media del terreno in P_2O_5 « assimilabile » (Morgan) era di kg/ha 240. Si può perciò ritenere che tale dotazione sia, almeno, sufficiente per una coltura di girasole *.

2) Un effetto principale dell'azoto, significativo e favorevole alla produzione del seme.

3) Un effetto principale della potassa aggiunta, altamente significativo e molto accentuato. La dotazione iniziale media del terreno in K_2O « assimilabile » (Morgan) era di kg/ha 84. Si può perciò ritenere che tale dotazione sia non sufficiente per una coltura di girasole. Delle dosi di potassa aggiunte solamente quella più alta (kg/ha 140) ha dato pro-

---

* Sul terreno del campo di prova sono state eseguite ricerche chimico-analitiche i cui risultati sono illustrati e discussi in uno studio di prossima pubblicazione.

duzioni significativamente superiori (a P 0,001) al controllo e specialmente se unita a una aggiunta di azoto. La dose di kg/ha 140 di potassa può essere ancora utilmente aumentata?

Se ,sulla scorta dell'analisi statistica già aillustrata, si attribuisce la maggior produzione principalmente all'effetto dell'apporto di potassa; se inoltre si considera il piccolo scarto di produzione (vedi prospetto VIII) verificatosi fra le parcelle concimate con la formula $N_2P_2K_2$ (costituita dalle dosi più elevate dei tre elementi) e quelle concimate con la stessa formula a dosi raddoppiate (parcelle fuori prova concimate con 2 $N_2P_2K_2$), si ritiene di poter concludere che la dose di kg/ha 140 di potassa possa essere senz'altro considerata praticamente la dose ottima.

PROSPETTO VIII. **- Produzione di seme secco a 100° in q/ha**

Trattamenti	Blocco I	Blocco II	Blocco III	Media
2 × $N_2 P_2 K_2$	23,3	20,6	22,9	22,2
$N_2 P_2 K_2$	22,5	19,3	22,3	21,3
Differenza . . .	0,8	1,3	0,6	0,9

4) Non si è verificata nessuna interazione fra fosforo e azoto.

5) Una interazione fra fosforo e potassio significativa. Alla dose K_0 con l'aumentare delle dosi P si verifica una costante diminuzione della produzione, ossia $P_0 > P_1 > P_2$ (vedi prospetto V). Tale depressione di produzione, potrebbe essere dovuta a squilibrio per eccesso relativo di fosforo. Con l'aumentare delle dosi di K la produzione aumenta rapidamente a qualsiasi dose di P specialmente quando si stabilisce un equilibrio di N e K (dosi N_1 e N_2).

6) Una interazione fra potassio e azoto significativa. L'equivalenza delle dosi N ($N_0 = N_1 = N_2$) alla dose K_0 e l'andamento degli incrementi di produzione con l'aumentare delle dosi K e delle dosi N indicano chiaramente una solidarietà di azione fra azoto e potassio.

Le formule più equilibrate sembrerebbero la **15** ($N_1P_1K_2$) e la **12** ($N_1P_0K_2$).

Senza K: (vedi prospetto III) le dosi P_1, P_2 e N_1, N_2 (ossia gli elementi P e N usati da soli), e le loro combinazioni a due a due, portano o a una depressione di produzione (caso del fosforo) o a una equivalenza di produzione al livello di $N_0P_0K_0$. È pertanto certo che, nelle condizioni della prova, l'elemento limitante è il potassio. Difatti alla dose K_2 con un aumento di N (da N_1 a N_2) o con un aumento di P (da P_0 a P_1 oppure

da P_1 a P_2) le rese vengono riportate a quella della **15** o della **12** (vedi prospetto III) poichè le aggiunte romperebbero l'equilibrio già raggiunto con le due formule **15** e **12**.

Nel prospetto IX vien riportato il calcolo del tornaconto economico degli otto trattamenti che hanno fornito produzioni significativamente superiori a quella del controllo *.

Prospetto IX. - **Calcolo del tornaconto economico dei trattamenti che hanno dato produzioni significativamente superiori al controllo**

	1	2	3	4	5	2	7	8
	$N_1P_1K_2$ **15**	$N_1P_0K_2$ **12**	$N_2P_1K_2$ **24**	$N_2P_0K_2$ **21**	$N_1P_2K_2$ **18**	$N_0P_2K_2$ **9**	$N_2P_2K_2$ **27**	$N_2P_2K_1$ **26**
Maggior spesa per concime azotato . £/ha	4500	4500	9000	9000	4500	—	9000	9000
Maggior spesa per concime fosfatico »	6300	—	6300	—	12600	12600	12600	12600
Maggior spesa per concime potassico »	11200	11200	11200	11200	11200	11200	11200	5600
Maggior spesa totale per concimi . £/ha	22000	15700	26500	20200	28300	23800	32800	27200
Maggior resa seme q/ha	8,4	6,7	7,4	6,1	7,4	6,6	7,3	4,8
Maggior utile . . £/ha	50400	40200	44400	36600	44400	39600	43800	28800
Dal maggior utile di £/ha	50400	40200	44400	36600	44400	39600	43800	28800
Deducesi la maggior spesa . . . . . »	22000	15700	26500	20200	28300	23800	32800	27200
Rimanenza (tornaconto economico) »	28400	24500	17900	16400	16100	15800	11000	1600

N. B. - I numeri neri di fianco alle formule di concimazione indicano i trattamenti come risultano nel prospetto VII.

In tale prospetto:

i trattamenti sono disposti in ordine decrescente relativamente agli eccedenti di utile;

la maggior resa è calcolata sulle produzioni di seme riportate all'umidità mercantile del 12 %;

* Per il calcolo del tornaconto economico si è creduto opportuno adottare valori precauzionalmente bassi per le entrate e valori precauzionalmente alti per le uscite.

il seme vien calcolato a L. 6 000 al quintale;
la maggior spesa per i concimi è calcolata nel modo seguente:

N_0	solfato ammonico . .	q/ha	0 × L. 4 500	=	L./ha	0
N_1	solfato ammonico . .	q/ha	1 × L. 4 500	=	L./ha	4 500
N_2	solfato ammonico . .	q/ha	2 × L. 4 500	=	L./ha	9 000
P_0	perfosfato minerale .	q/ha	0 × L. 2 100	=	L./ha	0
P_1	perfosfato minerale .	q/ha	3 × L. 2 100	=	L./ha	6 300
P_2	perfosfato minerale .	q/ha	6 × L. 2 100	=	L./ha	12 600
K_0	solfato potassico . .	q/ha	0 × L. 4 000	=	L./ha	0
K_1	solfato potassico . .	q/ha	1,4 × L. 4 000	=	L./ha	5 600
K_2	solfato potassico . .	q/ha	2,8 × L. 4 000	=	L./ha	11 200

Anche dal punto di vista del tornaconto economico le tesi **15** e **12** risultano le migliori raggiungendo esse i più alti eccedenti di utile.

Effetto delle concimazioni sulla produzione di sostanza secca, sulla produzione di olio e su alcune caratteristiche degli acheni

Per lo studio dell'effetto delle concimazioni sulla produzione di sostanza secca, sulla produzione di olio e su alcune caratteristiche degli acheni vennero presi in considerazione i trattamenti che risultano dalla combinazione di due dosi (la dose « zero »: senza concimazione; e la dose « due »: dose massima) per ciascun elemento N, P e K. Le combinazioni possibili sono otto, corrispondenti alle tesi **1**, **19**, **7**, **3**, **27**, **9**, **21**, **25**. Venne pure considerata la tesi **15** corrispondente alla formula $N_1P_1K_2$ risultata la più equilibrata.

A) Produzione di sostanza secca. — Campionamento. Alla raccolta vennero pesate a verde le piante tagliate raso terra e private delle calatidi. Alla sgranatura vennero pesati separatamente ricettacoli e acheni. Per ogni parcella vennero prelevate dieci piante (quindi trenta piante per ogni trattamento) e di esse vennero pesate separatamente foglie e steli. Su un campione di 200 grammi (a verde) di foglie e di 200 grammi (a verde) di steli venne determinata l'umidità a 100°. Gli stessi campioni sono stati poi usati, finemente macinati, per l'analisi chimica (composizione minerale). Vennero così determinate le percentuali a secco delle varie parti (foglie, steli, ricettacoli e acheni) delle dieci piante di ogni parcella e riferite poi alle pesate totali di ogni parcella.

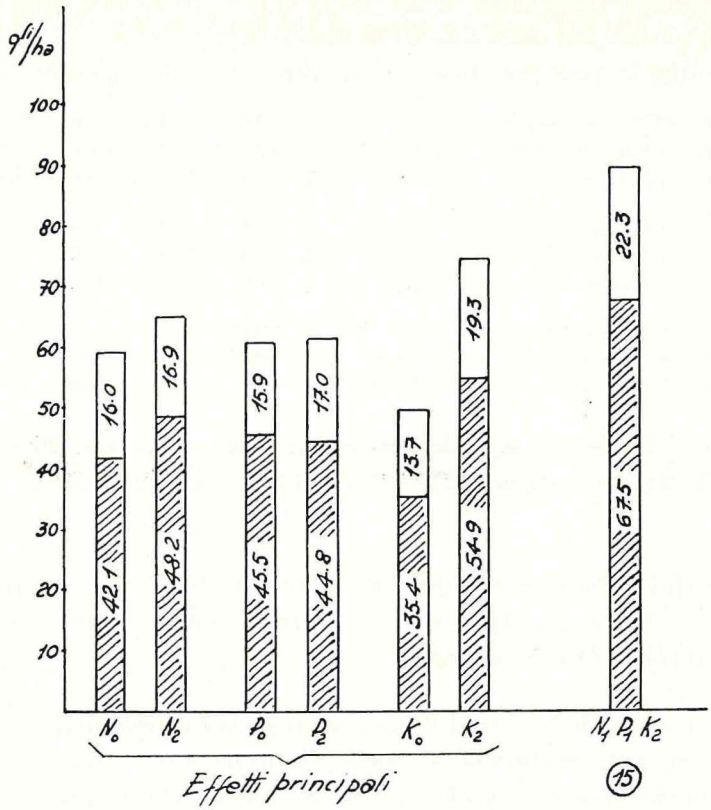

FIG. 11. – Produzioni di sostanza secca.

La parte inferiore: pianta senza acheni (steli + foglie + ricettacoli).
La parte superiore: acheni.

I risultati, medie di tre ripetizioni per ogni trattamento, sono riportati nel prospetto X.

Gli effetti principali (N_0 e N_2; P_0 e P_2; K_0 e K_2) risultano dai dati medi di 12 parcelle (per esempio N_0, i quattro trattamenti contenenti N_0 e tre ripetizioni per ogni trattamento).

Dal prospetto X e dalla fig. 11 si rileva:

1) Effetto principale di N_2:

a) nessun aumento negli acheni;

b) l'azoto (N_2) ha provocato una maggior produzione di sostanza secca nelle parti vegetative delle piante.

2) Effetto principale di P_2:

a) un leggero aumento nella produzione di acheni;

b) nessun incremento nella produzione totale di sostanza secca;

c) una leggera diminuzione delle parti vegetative delle piante.

PROSPETTO X. - **Produzioni di sostanza secca a 100°**

Tesi	Trattamenti	Quintali per ettaro						% della pianta intera				
		Steli	Foglie	Ricettacoli	Pianta senza acheni	Acheni	Pianta intera	Steli	Foglie	Ricettacoli	Pianta senza acheni	Acheni
1	$N_0 P_0 K_0$	23,9	10,4	3,6	37,9	14,9	52,8	45,4	19,6	6,8	71,8	28,2
9	$N_0 P_2 K_2$	37,5	15,3	6,0	58,8	20,7	79,5	47,1	19,3	7,6	74,0	26,0
21	$N_2 P_0 K_2$	45,9	15,6	7,3	68,8	20,3	69,1	51,5	17,5	8,2	77,2	22,8
25	$N_2 P_2 K_0$	19,3	9,8	3,1	32,2	12,3	44,5	43,3	22,1	7,0	72,4	27,6
27	$N_2 P_2 K_2$	33,3	13,7	7,4	54,4	21,4	75,8	43,9	18,1	9,8	71,8	28,2
19	$N_2 P_0 K_0$	23,3	10,2	3,1	37,6	13,8	51,4	46,3	20,2	6,1	72,6	27,4
7	$N_0 P_2 K_0$	19,0	10,6	4,3	33,9	13,8	47,7	39,8	22,2	9,2	71,2	28,9
3	$N_0 P_0 K_2$	23,3	9,7	5,0	37,7	14,7	52,4	43,8	18,5	9,6	71,9	28,1
15	$N_1 P_1 K_2$	43,0	17,2	7,3	67,5	22,3	89,8	47,9	19,1	8,1	75,1	24,9
	Effetti principali											
	N_0	25,8	11,5	4,7	42,1	16,0	58,1	44,0	19,9	8,3	72,2	27,8
	N_2	30,4	12,3	5,2	48,2	16,9	65,1	46,2	19,5	7,8	73,5	26,5
	P_0	29,0	11,5	4,7	45,5	15,9	61,4	46,7	18,9	7,7	73,4	26,6
	P_2	27,5	12,3	5,2	44,8	17,0	61,8	43,5	20,4	8,4	72,3	27,7
	K_0	21,4	10,2	3,5	35,4	13,7	49,1	43,7	21,0	7,3	72,0	28,0
	K_2	34,9	13,6	6,4	54,9	19,3	74,2	46,6	18,3	8,8	73,7	26,3

3) Effetto principale di K_2:

a) un notevole incremento sia nella produzione degli acheni che nella produzione delle parti vegetative delle piante e quindi anche nella produzione totale di sostanza secca.

Valutando gli stessi dati espressi non in cifra assoluta ma sotto forma di percentuale della pianta intera si nota una tendenza generale a mantenere un equilibrio fra la parte riproduttiva (acheni) e la parte vegetativa della pianta.

B) Peso di mille acheni secchi a 100° e rapporto guscio-nocella. — Il peso di mille acheni rappresenta la media di nove pesate per ogni trattamento (tre per ogni ripetizione). Gli effetti principali N_0, N_2. . . . ., ecc. risultano perciò dalla media di 36 pesate ciascuno.

Dai dati del prospetto XI e dal diagramma della fig. 12 si può osservare:

l'azoto ha provocato una diminuzione nel peso di mille acheni;

Prospetto XI. - **Peso di 1000 acheni, numero di acheni per 100 grammi, contenuto percentuale di grasso grezzo, produzione di grasso grezzo per ettaro**

a)	b)	c)	Su 100 grammi di acheni secchi a 100°			g)
Tesi	Trattamenti	1000 acheni secchi a 100° pesano	d) Nocelle	e) Grasso grezzo	f) Acheni	Grasso per ettaro
		g	g	g	n	kg
1	N_0 P K_0	55,67	62,2	31,21	1796	465
19	N_2 P_0 K_0	47,82	62,4	31,32	2091	432
7	N_0 P_2 K_0	53,28	63,2	32,60	1876	449
3	N_0 P_0 K_2	54,99	62,9	34,88	1818	412
27	N_2 P_2 K_2	60,42	63,8	35,52	1655	760
9	N_0 P_2 K_2	54,75	62,3	34,52	1826	714
21	N_2 P_0 K_2	48,05	63,2	34,98	2081	710
25	N_2 P_2 K_0	50,69	62,7	33,73	1972	414
15	N_1 P_1 K_2	66,86	63,0	34,88	1495	777
	effetti principali					
	N_0	54,67	62,6	34,30	1829	510
	N_2	51,75	63,0	33,89	1932	579
	P_0	51,63	62,7	33,10	1936	505
	P_2	54,79	63,0	34,09	1825	584
	K_0	51,87	62,6	32,21	1927	440
	K_2	54,55	63,0	34,97	1833	649

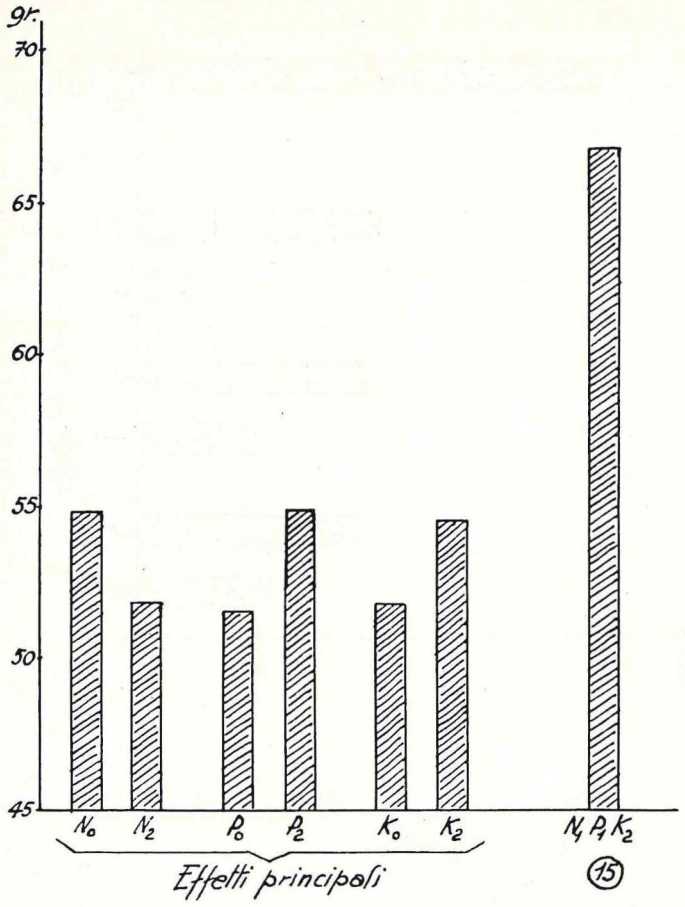

FIG. 12. - Peso in grammi di 1000 acheni secchi a 100°.

il fosforo e il potassio hanno provocato, in ugual misura, un incremento nel peso degli acheni;

il rapporto guscio/nocella è rimasto in ogni caso quasi costante.

Nella colonna *f*) dello stesso prospetto XI è indicato il numero degli acheni contenuti in 100 grammi di acheni secchi a 100°. Il numero è stato calcolato dai dati del peso di 1000 acheni e ne ripete perciò, ma in senso inverso, le stesse variazioni per i singoli trattamenti e per gli effetti principali.

C) Contenuto percentuale in grasso e produzioni di olio per ettaro. — Il contenuto percentuale in grasso grezzo (estratto etereo) è stato eseguito su un campione medio di acheni delle tre

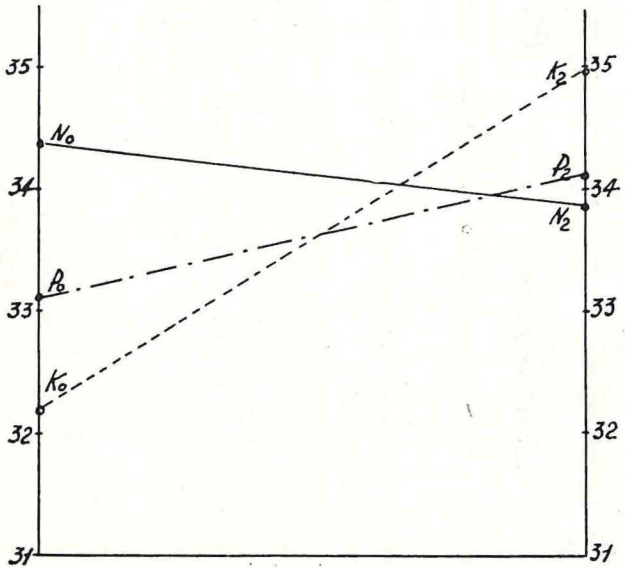

FIG. 13. – Grasso grezzo in % degli acheni secchi a 100°. Effetti principali di N_2, P_2 e K_2.

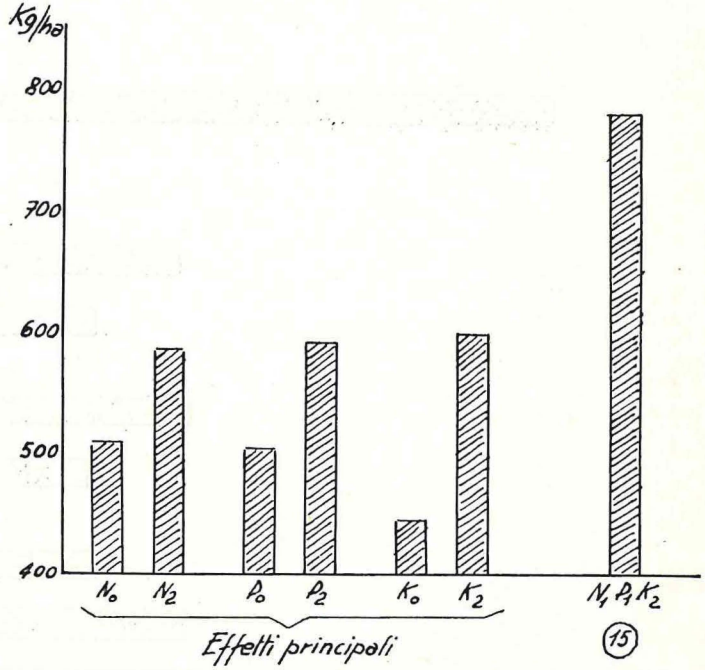

FIG. 14. – Produzioni di olio (grasso grezzo) in kg/ha.

ripetizioni di ogni trattamento. L'estrazione venne eseguita in Soxlhet con etere anidro.

Nella colonna *g*) del prospetto XI sono riportati i dati. Dal diagramma della fig. 13, in cui vengono messe in evidenza le variazioni degli effetti principali di N_2, P_2 e K_2, si rileva che:

l'N_2 ha abbassato il contenuto percentuale di grasso grezzo;

il P_2 e il K_2 invece lo hanno alzato. Le variazioni sono però di lieve entità.

Molto più accentuate, perchè riflettenti le variazioni combinate dei contenuti percentuali e delle produzioni di acheni, sono le variazioni delle produzioni di olio (grasso grezzo) riferite ad ettaro.

Dal diagramma della fig. 14 si può notare:

un aumento delle produzioni per gli effetti principali di tutti gli elementi N_2, P_2 e K_2 ($N_2 - N_0 = + 69$; $P_2 - P_0 = + 79$; $K_2 - K_0 = + 209$);

un aumento particolarmente rilevante nel caso del K_2 (209 kg/ha).

Effetto delle concimazioni sulla composizione minerale delle piante e degli acheni

Vennero prese in considerazione le tesi **1**, **27** e **15** corrispondenti rispettivamente: al trattamento di controllo (formula $N_0P_0K_0$), al trattamento con le dosi più elevate (formula $N_2P_2K_2$), e al trattamento che nella prova è risultato più equilibrato (formula $N_1P_1K_2$).

Il campionamento delle piante e degli acheni è stato eseguito con le modalità precedentemente descritte.

La determinazione dell'ossido di potassio è stata eseguita per via ponderale (come perclorato) con incenerimento della sostanza per combustione in muffola.

L'azoto è stato determinato col metodo di Kijeldhal.

L'anidride fosforica venne determinata per via ponderale col metodo Lorenz (come fosfo-molibdato) previa mineralizzazione della sostanza mediante attacco nitro-perclorico.

I risultati sono riportati nel prospetto XII (composizione minerale delle piante e degli acheni in percento della sostanza secca e relativi indici) e nel prospetto XIII (asportazioni medie di azoto, anidride fosforica e ossido di potassio in kg/ha e in kg/q di acheni). Nel prospetto XIV sono messe in evidenza le variazioni nelle asportazioni sotto forma di indici.

A) Confronto fra la tesi **1** e la tesi **27**.

Dai dati dei prospetti si rileva:

Azoto. Nella tesi **27**, pur essendo aumentato l'azoto a disposizione delle piante, la percentuale di azoto diminuisce sia nelle piante che negli acheni (una diminuzione rispettivamente del 12,2 % e del 21 %). Questa diminuzione può essere interpretata come una « diluizione » dovuta a una maggiore elaborazione di sostanza organica per l'apporto, specialmente, di potassa.

Anidride fosforica. La variazione della percentuale di P_2O_5, sia nelle piante che negli acheni, è di lieve entità: la percentuale può ritenersi costante.

Ossido di potassio. Con l'apporto di potassa la percentuale di K_2O nelle piante aumenta sensibilmente mentre negli acheni rimane pressochè costante.

L'apporto di N_2, P_2 e K_2 ha provocato un marcato aumento nelle asportazioni medie per ettaro di tutti e tre gli elementi N, P e K.

I « consumi » di N, P e K per quintale di seme prodotto: diminuiscono per l'N, rimangono sensibilmente costanti per la P_2O_5, aumentano per la K_2O. Per elaborare un quintale di seme le piante della tesi **27** hanno « consumato » kg 2,5 di K_2O in più (il 20,8 %) delle piante della tesi **1**, kg 0,9 di N in meno, e la stessa quantità di P_2O_5.

B) Confronto fra la tesi **27** e la tesi **15**.

Il confronto fra queste due tesi riveste una particolare importanza in quanto che la tesi **15** rappresenta la formula di concimazione più equilibrata e più economica.

Azoto, anidride fosforica e ossido di potassio. Le percentuali dei tre elementi rimangono pressochè costanti — sia nelle piante che negli acheni — nelle due tesi.

Le asportazioni medie per ettaro: per gli acheni sono quasi uguali; per le piante e per il totale sono sensibilmente maggiori nella tesi **15**.

Il punto precedente si riflette sui « consumi » in elementi per ogni quintale di seme prodotto: nella tesi **15** i « consumi » sono leggermente più elevati per l'N, quasi uguali per la P_2O_5, marcatamente maggiori per la K_2O.

Tra la tesi **27** e la tesi **15** si è verificato un piccolo aumento nella produzione di acheni (1 q/ha) e un rilevante aumento nella produzione della sostanza secca delle piante (q/ha 14,0). Il maggior « consumo » di K_2O è stato di kg/ha 46,7. Ciò fa presumere che, relativamente alle condizioni di prova (decorso climatico stagionale, varietà, ecc.), si sia raggiunta con la dose K_2, in equilibrio con gli altri elementi nutritivi, la dose ottimale di K_2O in rapporto alla produzione agraria (acheni).

PROSPETTO XII. - Composizione minerale delle piante e degli acheni in % di sostanza secca e relativi indici (tesi 1 = 100)

Tesi	Trattamento	N				K_2O				P_2O_5			
		Piante		Acheni		Piante		Acheni		Piante		Acheni	
		%	indice	%	indice	%	indice	%	indice	%	indice	%	indice
1	$N\ P_0\ K_0$	1,036	100,0	2,940	100,0	2,321	100,0	1,032	100,0	0,498	100,0	1,154	100,0
27	$N_2\ P_2\ K_2$	0,910	87,8	2,324	79,0	3,298	142,0	1,016	98,4	0,502	100,8	1,214	105,2
15	$N_1\ P_1\ K_2$	0,896	87,4	2,350	79,9	3,372	145,2	0,983	95,6	0,465	93,6	1,191	103,2

PROSPETTO XIII. - Asportazioni medie in kg/ha e in kg per q di acheni

Tesi	Trattamento	Sostanza secca a 100°		Per ettaro									Per quintale di acheni		
				N			P_2O_5			K_2O			N	P_2O_5	K_2O
		Piante q/ha	Acheni q/ha	Piante kg/ha	Acheni kg/ha	Totale kg/ha	Piante kg/ha	Acheni kg/ha	Totale kg/ha	Piante kg/ha	Acheni kg/ha	Totale kg/ha	kg/q	kg/q	kg/q
1	$N_0\ P_0\ K_0$	37,9	14,9	39,3	43,8	83,1	18,9	17,2	36,1	87,9	15,4	103,3	5,5	2,42	6,9
27	$N_2\ P_2\ K_2$	54,4	21,3	49,5	49,5	99,0	27,3	25,8	53,1	179,4	21,6	201,0	4,6	2,49	9,4
15	$N_1\ P_1\ K_2$	67,4	22,3	60,4	52,4	112,8	31,3	26,5	57,8	227,2	22,0	249,2	5,0	2,59	11,1

PROSPETTO XIV. - Indici delle asportazioni medie per ettaro e per q di acheni

Tesi	Trattamento	Sostanza secca a 100°		Per ettaro									Per quintale di acheni		
				N			P_2O_5			K_2O			N	P_2O_5	K_2O
		Piante	Acheni	Piante	Acheni	Totale	Piante	Acheni	Totale	Piante	Acheni	Totale			
1	$N_0\ P_0\ K_0$	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
27	$N_2\ P_2\ K_2$	143,5	142,9	125,9	113,9	119,1	144,4	150,0	147,0	204,0	140,2	194,5	83,6	102,8	136,2
15	$N_1\ P_1\ K_2$	177,8	149,6	153,6	119,1	135,7	165,6	154,0	160,1	258,4	142,8	241,2	90,9	107,0	160,8

RIASSUNTO

Vengono riferiti i risultati di una prova fattoriale di concimazione a una coltura di girasole, coi tre elementi azoto, fosforo e potassio a tre dosi ciascuno, eseguita su un terreno ferrettizzato nella pianura del medio Friuli.

Dopo aver descritto le caratteristiche fisiche, chimiche e agronomiche del terreno e dopo aver illustrata la impostazione e l'esecuzione della prova vengono valutati, mediante una accurata analisi statistica dei risultati, gli effetti principali e le interazioni di primo ordine dei tre elementi N, P e K. Viene così messo in evidenza — nelle specifiche condizioni della prova — l'effetto nullo del fosforo, l'accentuato effetto del potassio, la sensibile interazione positiva N × K, la formula di concimazione più equilibrata.

Le produzioni sono valutate anche dal punto di vista del tornaconto economico.

Viene quindi riferito sull'effetto delle concimazioni (dosi massime ed effetti principali di ciascun elemento, formula più equilibrata) su alcune caratteristiche degli acheni (peso 1000 acheni, rapporto nocella/guscio, contenuto in grasso grezzo), sulla produzione unitaria di olio, sulla produzione unitaria di sostanza secca totale, sui rapporti delle varie parti costitutive delle piante (steli, foglie, calatidi, acheni), sulla composizione minerale (N, P_2O_5 e K_2O) delle piante e degli acheni, sulle asportazioni medie (N, P_2O_5, K_2O) per ettaro e per quintale di acheni.

SUMMARY

BALANCED FERTILIZING FOR A SUNFLOWER CROP IN FERRETTI SOIL

By Renzo Candussio

The results are given of a farm test of fertilizing a crop of sunflower with the three elements: nitrogen, phosphorus and potassium, using three treatments of each, carried out on ferretti soil on the plain of middle Friuli.

After a description of the physical, chemical and agronomic characteristics of the soil and after an account of the setting up and execution of the test, an evaluation is made, by an accurate statistical

analysis of the results, of the principal effects and the interactions of the three elements, N, P, and K. In this way is shown — under the specific conditions of the test — the lack of effect of the phosphorus, the accentuated effect of the potassium, the perceptible positive interaction N × K, the most balanced formula of fertilization.

The productions are evaluated also from the economic point of view.

An account is then given of the effect of fertilization (maximum doses and principal effects of each element, most balanced formula) on some characteristics of the achenes (weight of 100 achenes, ratio: nut/husk, content in raw fat) on the unitary production of oil, on the unitary production of total dry substance, on the ratio of the various constitutive parts of the plants (stalks, leaves, calathidia, achenes), on the mineral composition (N, P_2O_5 and K_2O) of the plants and of the achenes, on the average asportation (N, P_2O_5, K_2O) per hectare and per quintal of achenes.